

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Likuifaksi

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dicegah. Gelombang gempa menimbulkan guncangan tanah pada suatu kondisi tertentu dan salah satunya dapat menyebabkan likuifaksi. Likuifaksi terjadi ketika tanah non-koheif jenuh air yang kehilangan kuat gesernya diguncang beban siklik (berulang teratur) yang disebabkan oleh gempa sehingga tekanan air pori akan meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal.

Youd (1978) meninjau dari beberapa kerusakan berat atau kerusakan total pada bangunan karena peretakan tanah akibat proses likuifaksi bahwa kerusakan ringan terjadi pada pergeseran tanah sejauh 50-100 mm, kerusakan yang memerlukan perbaikan ringan atau kerusakan sedang terjadi akibat pergeseran tanah sejauh 120-600 mm, dan kerusakan berat dengan pergeseran tanah sejauh lebih dari 760 mm. Perubahan sifat tanah dari sifat solid menjadi sifat seperti likuid yang terjadi pada tanah jenuh air diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif tanah dan sekaligus juga mengurangi kekuatan geser tanah yang bersangkutan. Apabila hal tersebut terjadi dan tanah kehilangan kekuatan gesernya maka akan terjadi likuifaksi.

2.2 Teori Dasar Gempa Bumi

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak

bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (*Continental Drift*) dan Pemekaran Dasar Samudra (*Sea Floor Spreading*).

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*) dan saling geser (*transform*).

Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser. Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai

pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

2.3 Pengolahan Data SPT

2.3.1 Perhitungan rumus CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

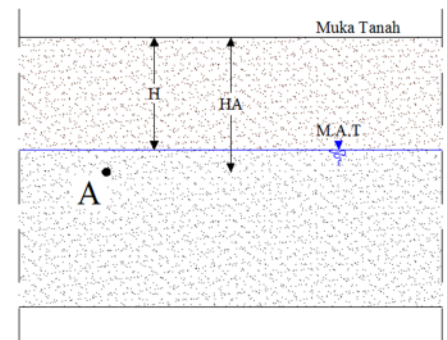
Perhitungan Tegangan total

Pada teori mekanika tanah untuk mengetahui tegangan total pada suatu tanah seperti pada gambar 2.1 dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\sigma = H \cdot \gamma_w + (H_A - H) \cdot \gamma_{sat} \quad (2-1)$$

Keterangan:

- = tegangan total
- = berat volume air (9,81 kN/m³)
- = berat volume tanah jenuh air
- = tinggi muka air diukur dari permukaan tanah
- = jarak antara titik A dan muka air.



Gambar 2.1 Skema profil tanah

Perhitungan Tegangan efektif

Pada teori mekanika tanah untuk mengetahui tegangan efektif pada suatu tanah dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2-2)$$

Dimana,

$$u = H_A \cdot \gamma_w \quad (2-3)$$

Keterangan:

u = tegangan pori

Penentuan untuk koefisien tegangan reduksi (r_d)

Persamaan yang di dapat dari Liao dan Whitman (1968), untuk memperoleh nilai r_d rata-rata yaitu:

$$r_d = 1,0 - 0,00765 \cdot z \quad \text{untuk } z \leq 9,15 \text{ m} \quad (2-4)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \cdot z \quad \text{untuk } 9,15 \leq z \leq 23 \text{ m} \quad (2-5)$$

Keterangan:

z = kedalaman tanah (m) yang ditinjau

Penentuan nilai a_{\max}

Susanto (2011) menyimpulkan nilai rata-rata percepatan tanah maksimum pada daerah istimewa yogyakarta yaitu, $a_{\max} = 30,32 \text{ cm/s}^2$

Perhitungan nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

Berdasarkan teori dari Seed dan Idris (1971) didapatkan rumus untuk menghitung CSR dengan persamaan dibawah ini:

$$CSR = 0,65 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad (2-6)$$

Keterangan:

a_{max} = percepatan tanah maksimum akibat gempa bumi.

g = percepatan gravitasi

σ_{vo} = tegangan total vertikal *overburden*

σ'_{vo} = tegangan efektif vertikal *overburden*

rd = koefisien tegangan reduksi.

2.3.2 Perhitungan rumus CRR (*Cyclic Resistance Ratio*)

Penentuan untuk faktor koreksi $(N_I)_{60}$

Tabel faktor koreksi untuk $(N_I)_{60}$ yang di dapatkan dari Skempton (1986) ditunjukkan oleh tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_I)_{60}$, Skempton (1986)

Faktor	Jenis Alat	Parameter	Koreksi
Tegangan vertikal efektif		C_N	$2,2 / (1,2 + (\sigma_{vo}/P_a))$
Tegangan vertikal efektif		C_N	$C_N \leq 1,7$
Rasio tenaga	Palu donat (Donut hammer)	C_E	0,5 s.d 1,0
Rasio tenaga	Palu pengaman (Safety hammer)	C_E	0,7 s.d 1,2
Rasio tenaga	Palu otomatis (Automatic-trip Donut-type hammer)	C_E	0,8 s.d 1,3
Diameter bor	65 s.d 115 mm	C_B	1,0
Diameter bor	150 mm	C_B	1,05
Diameter bor	200 mm	C_B	1,15
Panjang batang	< 3 m	C_R	0,75
Panjang batang	3 s.d 4 m	C_R	0,8
Panjang batang	4 s.d 6 m	C_R	0,85
Panjang batang	6 s.d 10 m	C_R	0,95
Panjang batang	10 s.d 30 m	C_R	1,0
Pengambilan contoh	Tabung standar	C_S	1,0
Pengambilan contoh	Tabung dengan pelapis (linier)	C_S	1,1 s.d 1,3

Adapun persamaan yang di gunakan untuk memperoleh $(N_I)_{60}$:

$$(N_I)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (2-7)$$

Keterangan:

N_m = nilai tahanan penetrasi standart.

C_N = faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overbuden pada umumnya.

C_E = koreksi rasio energy hammer (ER).

C_B = koreksi untuk diameter lubang bor.

C_R = faktor koreksi dan panjang batang.

C_S = koreksi untuk sampel.

Faktor koreksi tegangan overburden dan nilai N-SPT mengalami peningkatan maka harus digunakan persamaan Seed dan Idris (1971) :

$$C_N = \frac{2,2}{\left(1,2 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right)} \quad (2-8)$$

Dimana $C_N \leq 1,7$

Menentukan nilai $(N_I)_{60cs}$

Untuk mengetahui nilai *Fines Content* (FC) di tentukan terlebih dahulu nilai $(N_I)_{60cs}$ dengan persamaan dibawah ini:

$$(N_I)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N_I)_{60} \quad (2-9)$$

Dimana nilai α dan nilai β dipengaruhi oleh presentase lolos ayakan no.200

$$\alpha = 0, \quad \beta = 1 \quad (FC) \leq 5\% \quad (2-10)$$

$$\alpha = \exp \left[1,76 - \left(\frac{190}{FC^2} \right) \right] \quad 5\% < (FC) < 35\% \quad (2-11)$$

$$\beta = \left[0,99 - \left(\frac{FC^{1,5}}{1000} \right) \right] \quad (2-12)$$

$$\alpha = 0, \quad \beta = 1 \quad (FC) \geq 35\% \quad (2-13)$$

Menentukan nilai CRR (Cyclic Resistance Ratio)

Berdasarkan teori Youd dan Idriss (1997) untuk menentukan nilai CRR pada besaran skala gempa (M_w) 7,5 digunakan persamaan dibawah ini:

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10.(N1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (2-14)$$

2.4 Pengolahan Data CPT

2.4.1 Perhitungan rumus CSR (Cryclic Stress Ratio)

Pada perhitungan data CPT untuk mengetahui nilai CSR menggunakan persamaan yang sama seperti perhitungan CSR pada data SPT, persamaan (2-6)

2.4.2 Perhitungan rumus CRR (Cryclic Stress Ratio)

Perhitungan nilai tahanan ujung terkoreksi

Berdasarkan teori Youd dan Idriss (1997) nilai tahanan ujung terkoreksi yang akan diformulasikan, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$q_{cIN} = C_q \left(\frac{q_c}{P_a} \right) \quad (2-15)$$

Keterangan:

C_q = faktor normalisasi tahanan ujung konus.

P_a = tekanan awal.

Perhitungan nilai Q

Untuk pasir murni (*clean-sand*), nilai eksponen pakai $n=0,5$ dan untuk tanah jenis lempung menggunakan nilai eksponen pakai $n=1$. Setelah tanah yg diuji telah di klasifikasikan jenisnya maka dihitung dengan persamaan dibawah ini (Youd dan Idriss, 1997):

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{vo})}{P_a} \right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n \right] \quad (2-16)$$

Menentukan nilai CRR (Cyclic Resistance Ratio)

Pada jurnal *Soil Liquefaction During Earthquake* oleh Idriss dan Boulanger (2008) terdapat persamaan di bawah ini:

- Jika nilai $(qcIN)_{cs} \leq 211$

Maka nilai

$$CRR_{7,5} = \exp \left[\frac{(qcIN)_{cs}}{540} + \left(\left(\frac{(qcIN)_{cs}}{67} \right)^2 \right) - \left(\left(\frac{(qcIN)_{cs}}{80} \right)^3 \right) - \left(\left(\frac{(qcIN)_{cs}}{144} \right)^4 \right) - 3 \right] \quad (2-17)$$

- Jika nilai $(qcIN)_{cs} > 211$

Maka nilai $CRR_{7,5} = 2$

Keterangan:

qc = tahanan ujung konus

2.5 Tinjauan potensi likuifaksi

Untuk mengetahui daerah yang terjadi likuifaksi atau tidak terjadi likuifaksi dapat di lihat dari faktor keamanan dengan nilai CRR banding CSR dengan nilai kurang dari satu (berpotensi terjadi likuifaksi) atau lebih dari satu (prosentase kecil terjadi likuifaksi). Berikut ini persamaan yang di gunakan untuk menentukan potensi likuifaksi:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (2-18)$$

Terjadi Likuifaksi:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} < 1 \quad (2-19)$$

Kondisi kritis:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \quad (2-20)$$

Tidak terjadi likuifaksi:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \quad (2-21)$$

2.6 Membuat grafik CSR , CRR dan FS berbanding dengan kedalaman

Dengan nilai CRR dari data sondir maka di buat grafik hubungan yang akan di tinjau dari potensi likuifaksi.